

## 水質調査

### 1. 準備

#### 1-1. 水質調査観測サイトの選択

15km 四方のグローブ観測サイトにある主要な河川の流域を水質調査観測サイトにするのが理想的です。この河の流域の特定の場所を選び、水温、pH、溶存酸素、アルカリ度、電気伝導度、塩分濃度、窒素などの水質調査をおこないます。流域内に、特に興味深い場所があればそこを観測サイトとして選んでください。特にそういう場所がない場合には、以下の順で観測サイトを選んでください。

- 1 小川または河
- 2 湖または貯水池
- 3 池

グローブ観測サイト内に、このような場所が得られなければ、灌漑水路などでも構いません。継続的に試料を採取できる場所を水質調査観測サイトとしてください。

観測サイトが小川や河の場合、ゆるやかな流れがある場所を選び、急流や静水は避けて下さい。湖や貯水池の場合、流出口の近くを選び、流入口付近は避けてください。

#### 1-2. 観測サイトの報告

水質調査観測サイトを決定したら、GPS 受信機で座標の測定をしてください。観測サイトの周辺情報を併せて、データエントリーしてください。

#### 1-3. 測定頻度

水質調査（化学的調査）は、週単位で、おおよそ同じ時刻に実施してください。

水質調査観測サイトが冬季に氷結したり、干上がった場合には、その旨をデータ入力画面で報告してください。再び観測できるようになったら、データの送信を再開してください。

注：季節によっては、興味深い現象を観測することができます。河川の増水時には、流入する水や堆積物が水質に劇的な変化をもたらします。また、湖の氷が融けた直後には、湖の下層と表層の水が混じり合い、驚くほど大きな水質変化がみられるでしょう。月毎や季節毎の変化を注意深く見守ってください。

#### 1-4. 測定結果の正確さと精度の維持

測定結果の正確さと精度を維持していくことが必要です。正確さは測定値がいかに真の値に近いかを意味しています。精度はいかに再現性のある測定結果が得られるかを意味します。

---

## 水質調査

正確さも精度さも次のことに注意してください。

- 試料を手順通り採取してください。
- 試料を採取した直後に測定してください。
- 測定器具をよく整備しておき、注意深く較正を行なってから測定してください。
- プロトコルの指示に正確に従ってください。
- 正確さを保ち、誤差を把握するために、測定を複数回おこなってください。
- 薬品類や測定器具の汚染を最小限に押さえてください。
- GLOBE データサーバに送信する値が、データシートに記したものと同一であることを確認してください。

### 1-5. 較正

較正は測定器具の正確さを得るために必要な操作手順です。例えば、pH 測定器を適切に作動させるのに、既知の値の溶液を用いて較正します。較正操作は測定項目によって異なり、詳細はそれぞれのプロトコルで説明されています。較正は測定日におこなってください。測定器具を観測サイトへ持ち出す前に教室で較正しますが、測定サイトで再度較正を必要とする場合もあります。pH と電気伝導度のプロトコルを参照してください。

### 1-6. 測定する上での迅速さと順序

水温と溶存酸素の測定は、試料採取後直ちにその場でおこなってください。採取後 30 分以上経過した試料に対しては測定をおこなわず、新たに試料を採取してください。

どうしても必要な場合には、「試料の貯蔵法」を参考にして試料を試料瓶に移し、教室を持ち帰ってから測定しても構いませんが、全ての測定を観測サイトでおこなうことを強く推奨します。

特に、溶存酸素については、採取後 30 分以内に測定しなくてはならないので、教室を持ち帰ってから測定することは薦められません。pH の測定は採取後 2 時間以内、アルカリ度および電気伝導度は採取後 24 時間以内であれば、教室で測定しても構いません。

**重要：** 測定の順番を守ることは非常に重要です。最初に水温を測定し、その後直ちに溶存酸素を測定し、それから pH、電気伝導度、アルカリ度、窒素の順におこなってください。

**重要：** 溶存酸素の測定は水温がわからないと無意味です。水温測定の後、溶存酸素を測定してください。

### 1-7. 測定の繰り返し

それぞれの測定について、少なくとも 2 つ以上のグループを作ってください。最初のグループが測定を終えたら、次のグループに測定器具を渡してください。両グループとも同じ試料を測定してください。もし 2 つのグループの測定値に有意差が認められた場合は、第 3 のグル

---

## 水質調査

ープまたは最初のグループが測定を繰り返します。それぞれの測定における誤差の最大許容範囲は、表を参照してください。

測定	最大許容誤差
透明度	1.0cm
水温	0.5°C
溶存酸素	0.2mg/L(La Motte) 1.0mg/L(Hach)
pH(pH 試験紙)	1.0pH 単位
pH(pH ペンまたは pH メータ)	0.2pH 単位
塩分濃度 (比重計)	0.4ppt
塩分濃度 (滴定法)	0.4ppt
アルカリ度	4mg/L CaCO <sub>3</sub> (La Motte) 1 液滴(Hach) 高レンジ 17mg/L 低レンジ 6.8mg/L
電気伝導度	目盛りの 2%(40 μ S)
窒素	1.0mg/L

グループはそれぞれ別のデータシートを用いてください。GLOBE データサーバに送信する値は、許容誤差範囲内にある全てのデータの平均値です。誤差の最大許容範囲外のデータは棄却してください。

### 1-8. 溶液の廃棄

測定が終わったら、すべての溶液と液体を廃液タンクに集めてください。学校に戻ってから、流しに大量の水と共に流してください。あるいは、地域の廃液に関する安全基準に従って、廃棄してください。

## 2. 試料の採集

### 2-1. 道具と資料

- 取っ手にロープを結びつけた 31 程度のバケツ
- ペーパータオル
- 500ml のポリエチレン製試料瓶

---

## 水質調査

- 筆記用具、ノート、データシート
- ラテックス製手袋

生徒が安全に水に触れるようなサイトでは、水温、pH、電気伝導度を水際で直接測定することができます。しかし、いずれにしる、アルカリ度、溶存酸素と窒素の測定では、バケツに水を採取しなければなりません。試料を採取したら、直ちに測定してください。必要なら、試料を瓶に移して、教室で pH、アルカリ度、電気伝導度、塩分濃度を測定することもできます。次の方法で、試料の採取と、試料の瓶詰めをおこなってください。

### 2-2. 採取法

1. ロープを固定してバケツを水に落とし、水を少し汲んでください。もし、バケツが十分に沈まず水を汲むことができなければ、ロープでバケツを揺らしてみます。水を少し採取したらバケツを回収して、採取した水でバケツの中を洗浄してください。洗浄した水は捨てて、再び採水してください。測定結果が変わってしまうので、バケツを蒸留水で洗ってはいけません。同様に、このバケツを掃除など他の目的に使わないでください。

もし採取場所が小川であれば、バケツを岸から少し離れた、よく混じっているところに投げ、採水します。水の流れが少しあるところから採取するのが理想的です。流れの速いところで採水する場合は、バケツが流されないようにロープをしっかり持ってください。

湖で採取するときは、まず岸辺でいくつか試料を採取してから、バケツを投げて、岸から出来るだけ離れた所でも採取してください。常に表面水を採取するようにしてください。バケツを沈めて採取してはいけません。

2. 試料を採取する際には、バケツの2/3から3/4くらいを満たしてから引き上げてください。

### 2-3. 瓶詰め

全ての測定は水質調査観測サイトでおこなうのが理想的ですが、pH、アルカリ度、電気伝導度、窒素の4つについては、試料を瓶に詰めて持ち帰り、教室に戻ってから測定することもできます。

溶存酸素については、サイトで溶存酸素を固定して教室でおこなう方法もあります。水温と溶存酸素以外を測定するために、試料を瓶に詰めて教室に持ち帰る時は、以下の手順に従ってください。

1. 学校名、先生の名前、採水日時を書いたラベルを 500ml のポリエチレン瓶に貼ってください

---

## 水質調査

- い。
2. 瓶とキャップを試料で洗浄してください。
  3. 瓶を試料で満たします。表面張力で試料が瓶の口に凸状にせりだすまで満たし、空気が入らないようにキャップをします。
  4. マスキングテープでキャップを封印します。  
**注意：** テープはラベルとして用いても結構です。このテープで、瓶が開けられたかどうか確認することができます。テープが試料に触れないようにしてください。  
測定するまで約4℃に保冷してください。pHは2時間以内、アルカリ度と電気伝導度は24時間以内に測定してください。
  5. 封を破ったら、まずpHを測定し、次にアルカリ度、電気伝導度を測定します。一端、封を破ったら全ての測定を一気におこなうのが理想的です。

### 2-4. 安全

- 測定キットの説明書を読んでください。また、地域における安全基準も調べましょう。
- 測定の際にはラテックス製手袋や安全眼鏡を使用してください。

## 3. 水の透明度プロトコル

- 目的：透明度板または濁度管を用いて水の透明度を測定すること
- 概要：透明度板は水中の光の透過度を測定するためによく用いられています。透明度板による透過度の測定では水中の懸濁物の影響を受けます。濁度管は、流水の透過度の測定に用いられ、透明度板の使用できないところで用います。
- 時間：10から15分かかります。
- 技術レベル：すべての人が測定してください。
- 頻度：1週間おき
- コンセプトと技能  
    コンセプト：透明度板や濁度管を用いて水の透明度を測定する。  
        光の散乱，浮遊物，光の吸収，水の色  
    技能：透明度板や濁度管を使うことができること  
        測定法を考えることができること  
        データを記録できること  
        結果を解析できること
- 道具と資料：透明度板，濁度管

---

## 水質調査

- 準備： 使用機器を水質調査観測サイトに運んでおきます。
- 前提条件： なし

### 3-1. 測定法

透明度板や濁度管を用いて測定する際は、正確で再現性のよい測定結果を得るために必ず日陰を作りその中で測定します。もし、日陰を作ることができなければ、傘や大きな板を用いて、測定する部分だけに陰を作り測定を行ってください。濁度管を用いて測定する場合は、測定者自身の陰でかまいません。

測定者によって深さの読みが異なることがあります。その場合は、三人で測定し、それぞれの測定者の測定値を記録しておいてください。それぞれの測定結果に従い GLOBE データサーバに入力してください。

### 3-2. 透明度板による測定法

1. Disk が見えなくなるまでゆっくりと水中に沈め、見えなくなった位置をロープに印を付けます。
2. Disk を目視出来るまで再び引き上げ、見え始めた深さをロープに印を付けます。このようにして、見えなくなった深さと、引き上げ初めて再び見えるようになった深さの2点がロープに記されることとなります。その長さは数センチメートル以内のはずです。
3. Hydrology Investigation Data Sheet にその長さをそれぞれ記入する。
4. もし、その長さの差が 10 cm 以上の時は再測定を行い、新たな測定値を採用してください。この値を Data Sheet に記入する。
5. Cloud Cover Protocol を参考にして Cloud Cover を測定する。それぞれの測定値ごとに Cloud Cover を測定する。
6. 測定値を GLOBE データサーバに記入する。ここで注意すべき点は、測定値の平均を記入するのではないことです。測定したそれぞれの値をそのまま入力すること。

注意：測定点のそこに透明度板が着いてしまった場合は、測定値の入力欄に「レ」マークを入力してください。

### 3-3. 濁度管による測定法

1. 管の底に記されている白と黒の図が見えなくなるまで、資料水を管に注いでください。
2. Hydrology Investigation Data Sheet に最小 1 cm まで値を測定し記録してください。
3. GLOBE データサーバに測定データを基に入力してください。このとき平均値を入力しない

---

## 水質調査

ように注意してください。

注意：管いっぱいに入試料水を入れてもなお管底の図を目視できる場合は、測定値の入力欄に「レ」を入力してください。

### 4. 水温プロトコル

- 目的： 試料の温度を測定する。
- 概要： 試料の温度を測定することは、溶存酸素や pH の測定など水質調査に必要不可欠である。
- 時間： 5 分間
- レベル： 全てのレベル
- 頻度： 1 週間おき
- コンセプトと技能
  - コンセプト： 温度、温度測定、熱、熱伝導、伝導、正確さと精度
  - 技能： 温度計の使用、目盛りを読む、データの記録
- 道具と資料：
  - アルコール温度計
  - 時計
  - 温度計を沈めるのに十分な長さのひも
  - データシート
- 準備： 使用機器を水質調査観測サイトに運んでおきます。
- 前提条件： なし

温度計を使用する前に、「大気調査」の「最高、最低、現在気温プロトコル」に従って温度計を校正してください。温度測定は数分で終了します。大切なことは、温度計が試料の温度の平衡に達することで、これには3～5分かかるでしょう。

1. 温度計の端と輪ゴムをひもで結びます。温度計を水に落としても紛失しないように、輪ゴムを手首に通しておきます。
2. 温度計の球のついていない方の端を持ち、数回振ってガラス管内の気泡を取り除いてください。温度を記録しておきましょう。
3. 温度計を 10cm くらい水中に沈めて数分待ちます。
4. 温度計を取り出し、すばやく温度を読みとり記録します。再度、水温を測定し、温度が平衡に達しているのを確認してから次に進んでください。
5. 観測した日時、温度をデータシートに記入します。

---

## 水質調査

6. 全測定グループの測定値の平均を出し、全てが平均値から 1.0℃以内であれば値を GLOBE データサーバに送信してください。そうでなければ再度測定してください。

## 5. 溶存酸素プロトコル

- 目的：試料中の溶存酸素を測定する。
- 概要：溶存酸素は小川、河、湖の中に生息する動植物に深い関係があり、自然の営みや人間活動に影響を受ける。
- レベル：中学校、高等学校
- 時間：実際の測定には 15 分間
- 頻度：1 週間おき
- コンセプトと技術
  - コンセプト：溶存酸素、標準試料との比較、正確さと精度
  - 技術：溶存酸素測定キットの使用、データの記録
- 道具と資料：
  - 溶存酸素測定キット（注意：このキットには有害化学物質が含まれています）
  - 蒸留水
  - 250ml のキャップ付きポリエチレン製試料瓶
  - 温度計
  - データシート
  - ラテックス製手袋と安全眼鏡
- 準備：試薬の調合と保存、観測器具を水質調査観測サイトに運んでおきます。
- 前提条件：なし

### 5-1. 校正と精度の維持

1. 250ml 瓶を蒸留水で 2 回洗浄します。次に 100ml の蒸留水をシリンダで測ってください。
2. 1 で測った蒸留水を 250ml 瓶に注ぎます。瓶にきつく栓をした後、5 分間激しく振って、中の水と空気をよく混ぜてください。
3. 瓶のふたを開けて水温を測定します。この時に温度計の先を瓶に接触させてはいけません。30 秒後に温度を読みとってください。
4. データシートに温度を記録します。
5. 説明書に従って溶存酸素を測定します。

---

## 水質調査

6. データシートの「標準試料の溶存酸素量 (mg/L)」欄に測定結果を記入してください。

ここで測定した、よく振った（酸素で飽和された）標準試料の溶存酸素量は、理論値（蒸留水の飽和溶存酸素量）と、誤差が 0.4mg/L 以内でなくてはなりません。理論値は以下の手順で計算します。

1. 標準溶液の温度を表 3-1 から探します。
2. その温度に対する酸素溶解度を表から読み取り、データシートに記入してください。  
例：水温が 22℃であれば、表から酸素溶解度は 8.7mg/L とわかります。
3. 測定サイトの高度における飽和濃度の較正值を表 3-2 から読み取り、その値をデータシートに記入してください。  
例：1544m であれば、飽和濃度の較正值は 0.83 となります。
4. 2 で得た酸素溶解度と 3 で得た飽和濃度較正值を掛けてください。  
例：高度 1544m で水温 22℃の標準液では、 $(8.74\text{mg/L}) \times (0.83) = (7.25\text{mg/L})$  となります。
5. 算出した値（この場合は 7.25mg/L）が、蒸留水（標準溶液）の飽和溶存酸素量の理論値になります。
6. この値と、実際に測定した値を比較し、その時の誤差が 0.4mg/L 以内でなくてはなりません。そうでない場合は再度測定をおこなってください。それでもだめなときは、その値をデータシートに記入して続行します。ただし、1mg/L 以上の誤差が伴う場合には、キットのメーカーと相談してください。

### 5-2. 試料の採取

1. 試料瓶と手を試料水で 3 回洗います。ガラス瓶は蒸留水で 3 回洗ってください。
2. 瓶にキャップをします。
3. 瓶を試料水中に入れてキャップをはずし、試料水を瓶に満たしてください。
4. 瓶を数回叩いて空気を追い出してください。
5. 瓶を水中に入れたまま、キャップを締めて、瓶を水から取り出します。
6. 瓶に空気が入っていないことを確認します。もし気泡があるようだったら、採取を最初からやり直してください。

### 5-3. 試料の保存と測定方法

1. 測定キットの説明を良く読んで溶存酸素の測定をおこないます。粉末の薬品を取り扱うときに匙を用いる場合は、匙が溶液と接触しないようにしてください。

---

## 水質調査

- 測定した値をデータシートに記入してください。
- それぞれのグループで得た溶存酸素値を平均し、全てのデータが平均値より 1mg/L 以内であれば、その値を GLOBE データサーバに送信してください。そうでない場合は再度測定してください。
- 使用した全ての溶液を廃液タンクに回収してください。

溶存酸素測定キットには 2 種類のセットが入っています。一つは試料中の溶存酸素を固定化するためのセットで、もう一方は固定化した溶存酸素量を測定するためのセットです。溶存酸素を固定化するためのセットでは、科学薬品を用いて溶存酸素を沈殿の形で固定し着色します。測定用のセットには滴定剤が入っていて、固定化した試料の色が消えるまで加えます。溶存酸素量は加えた滴定剤の量から計算します。

(表 3-1、3-2 が入る 古今書院『環境学習のための観測プログラム GLOBE』P.91)

## 6. pH プロトコル

- 目的：pH の測定
- 概要：水の pH（酸性度）は、水生動物の生存環境に関係する。この測定は溶存酸素の測定のため必要となる。
- 時間：実際の測定は 5 分間、中・上級レベルの測定では、教室で 10～15 分間較正し、調査地点でも 5 分間の較正をおこないます。
- 頻度：1 週間おき、較正も 1 週間おき
- コンセプトと技能
  - コンセプト：pH とその測定、温度による pH の影響、較正、pH 緩衝溶液と標準溶液
  - 技能：pH 測定器具の使用、データの記録
- 道具と資料：
  - 方法 1 pH 試験紙（初級レベル）
    - 50 または 100ml ビーカー
  - 方法 2-1 pH ペン（中級レベル）
    - 精密ドライバ（較正用）3 個の 50 または 100ml ビーカー
    - キャップ付き 50ml ポリエチレン瓶
    - pH=7 の緩衝溶液
  - 方法 2-2 pH メータ（上級レベル）
    - 5 個の 50 または 100ml ビーカー
    - 3 個のキャップ付き 50ml ポリエチレン瓶
    - 3 種類の pH 緩衝溶液（pH=4, 7, 10）
  - 方法 2-1 および 2-2 に共通した使用機材
    - 100ml のシリンダ
    - ペーパータオル
    - ソフトティッシュ

---

## 水質調査

- 洗浄瓶に入った蒸留水
  - 攪拌棒または匙
  - マスキングテープ
  - マジックペン
  - ラテックス手袋と安全眼鏡
- 準備： pH ペンや pH メータを、取り扱い説明書に従って準備してください。1 時間以上のゆとりがあるようにしてください。pH ペンやメータの電極を濡らしておく、長持ちします。それぞれの値の緩衝溶液は教室で調合し、調査に出発する直前に校正をおこなってください。観測サイトにも緩衝溶液を持って行ってください。
  - 前提条件：なし

### 6-1. 背景

ここでは水質調査観測サイトの pH を測定します。初級レベルでは pH 試験紙を、中級レベルでは pH ペン、上級レベルでは pH メータを用いて測定するとよいでしょう。

### 6-2. 方法 1 (初級向け)

#### － pH 試験紙を用いる方法

1. 50ml または 100ml ビーカーを最低 2 回試料水で洗浄します。
2. ビーカーの半分程度まで試料水を入れてください。
3. pH 試験紙をビーカーに入れて 20 秒待ちます。この時、pH 試験紙の 4 個の反応窓がすべて試料水に浸るようにしてください。
4. 試験紙を試料水から取り出し、試験紙の 4 個の反応窓の色を、pH 試験紙の箱の裏の色チャートと照らし合わせます。4 個の反応窓が示す色のパターンが一致するところを選びます。その値が試料水の pH となります。
5. 色が不明瞭な場合は、反応が十分に完了していないことが考えられるので、さらに 20 秒浸します。正確な値がでるまで繰り返してください。2 分間様子をみて、それでも不明瞭な場合には、新しい試験紙を使ってください。もしこれも失敗した場合、データシートにその旨を記録してください。

**重要：** pH 試験紙は 2 分以上試料水に浸すと不正確になります。

6. pH の値をデータシートに記録し、GLOBE データサーバに送信します。  
注意：試料の電気伝導度が  $300 \mu\text{S}$  (マイクロジーメンズ) 以下の場合、pH 試験紙では正確な値を測定できません。「電気伝導度プロトコル」を参照してください。

### 6-3. 方法 2-1 および 2-2 (中級および上級向け)

#### － pH ペンまたは pH メータを用いる方法

---

## 水質調査

ペンまたはメータを用いて試料水の pH を測定する場合、次の 3 つをおこないます。

- (1) 緩衝溶液の調合、(2) 測定器具の較正、(3) 現地での pH 測定

### 6-4. 較正

測定器具の較正は直前に教室でおこなってください。

#### ステップ 1 : 緩衝溶液の調合

緩衝溶液は、汚染されないかぎり、2~3 週間は再使用できます。粉末の化学薬品を使う場合、以下に述べる方法でそれを蒸留水に溶かしてください。また、市販の溶液の緩衝溶液を使う場合は、その溶液の 50ml をシリンダではかり取り、手順 4 から始めてください。以下の手順を用いて pH4、7、10 の緩衝溶液を調合します。

1. 2 枚のマスキングテープに pH 緩衝溶液と書き、きれいな乾いた 100ml ビーカーと、50ml 瓶にそれぞれ貼ります。
2. シリンダで 50ml の蒸留水をはかり取り、ビーカーに加えます。
3. pH 緩衝溶液の粉末パックをあけて、中の粉末を完全にビーカーに移します。攪拌棒や匙きしを用いて完全に溶かしてください。
4. 緩衝溶液とラベルを貼った 50ml 瓶に移し、キャップをきつくしめてください。
5. 同じ手順を用いて他の緩衝溶液を調合します。

#### ステップ 2 : 測定器具の較正

##### A pH ペンの較正

注意：pH ペンに自動温度補償機能がない場合は、緩衝溶液を 25℃にします。

1. pH ペンの使用説明書に従って電極を調整します。
2. 洗浄瓶の蒸留水を用いて、電極とその周りを 2 回洗浄します。洗浄するごとに乾いたソフトティッシュで水分をふき取ります。このとき、専用のビーカーか流しの中で洗浄してください。緩衝溶液で洗浄しないでください。また、電極を手で触らないでください。
3. pH ペンの上部にある電源スイッチを入れて、電極を pH=7 の緩衝溶液に浸します。
4. 緩衝溶液中で電極をゆっくりかき回し、表示値が安定するまで待ちます。
5. 精密ドライバで、ペン背部の較正用ネジをまわし、pH の表示値を正確に 7.0 にあわせてください。
6. pH ペンを緩衝溶液から取り出し、電極を蒸留水で洗浄します。緩衝溶液を元の瓶に戻し、きつく栓をしめてください。

##### B pH メータの較正

---

## 水質調査

1. pH メータの使用説明書に従って電極を調整してください。
2. 洗浄瓶中の蒸留水を用いて、電極とその周りを2回洗浄します。洗浄するたびに乾いたソフトティッシュで水分をふき取ってください。このとき、専用のビーカーか流しの中で洗浄してください。緩衝溶液で洗浄しないでください。また、電極を手で触らないでください。
3. pH メータのスイッチをいれます。CAL ボタンを押して校正モードにしてください。
4. pH=7の緩衝溶液に電極を完全に浸します。必要以上に深く浸さないようにしてください。
5. 緩衝溶液中で電極をゆっくりかき回し、表示値が安定するまで待ちます。表示値が安定したら、HOLD/CON ボタンを押して、校正をおこないます。これにより、緩衝溶液に電極が浸ったままであれば、緩衝溶液の pH 値が表示されるはずです。
6. pH メータを緩衝溶液から取り出し、電極を蒸留水で洗浄した後、乾いたソフトティッシュで拭き取ってください。
7. pH=4 と pH=10 の緩衝溶液を用いて、3～6 の手順を繰り返します。
8. pH メータをペーパータオルの上において、スイッチを OFF にします。
9. 緩衝溶液とラベルを元の瓶に戻し、きつく栓をしめてください。

### ステップ3：水質観測サイトでの試料測定

緩衝溶液を観測サイトまで持っていきます。観測サイトで緩衝溶液の pH を測定し、その値をデータシートに記録します。その値が緩衝溶液の真の値と±0.2pH 以上ずれているときは、その場で校正をやり直してください。緩衝溶液の値とずれていなければ、以下に従って試料の pH を測定してください。

1. 電極保護キャップを取り外し、pH ペンまたは pH メータの電源を入れます。
2. 洗浄瓶の蒸留水で電極とその周りを洗浄し、乾いたソフトティッシュで拭き取ってください。
3. きれいな乾いた 100ml ビーカーの 50ml の線まで試料を入れ、測定を開始します。
4. 電極を試料水に浸してください。必要以上に電極を試料水に浸してはいけません。
5. 試料水中で電極をゆっくりかき回し、示された数値が安定するまで待ってください。
6. 表示が安定したら pH 値を読み取り、データシートに記録してください。
7. 他の試料で2～6の操作を繰り返し、pH を測定します。両 pH の値の誤差が 0.2 以内であれば正確と言っていいでしょう。
8. 電極を蒸留水で洗い、乾いたソフトティッシュで拭き取ります。電極の先端に保護キャップをかぶせ電源を切ります。
9. 全測定グループの測定値の平均を取ります。全ての測定値が、平均値から 0.2 以内の値であれば、その平均値をデータサーバに送信してください。もし、異常値が一つであればそれを除外して平均を計算してください。そこで（異常値を除く）すべての測定値が平均

---

## 水質調査

値の 0.2 以内になれば、その平均値をデータサーバに送信してください。測定値のばらつきが大きいときは、データサーバに送信しないで、生徒と一緒に測定を振り返り、原因を考えましょう。可能なら、報告できるデータが得られるまで測定を繰り返してください。

## 7. 電気伝導度プロトコル

- 目的：水質調査観測サイトの水中の電気伝導度を測定する。
- 概要：電気伝導度は試料中の溶解物質の総量に関する。
- レベル：全てのレベル
- 時間：5 分間
- 頻度：1 週間おき
- コンセプトと技能
  - コンセプト：電気伝導度とそれに影響する要因、標準化、較正、正確さと精度
  - 技能：電気伝導度の測定器具の使用、データの記録
- 使用器具：
  - 電気伝導度計
  - 標準溶液（注意：1S（ジーメンズ）=1mho）
  - 洗浄瓶に入った蒸留水
  - ソフトティッシュ
  - 3 個の 50ml または 100ml ビーカー
  - 精密ドライバ（較正用）
- 準備：較正をおこなってください。測定器具を測定サイトまで運んでください。
- 前提条件：なし

### 7-1. 較正

標準溶液はきつくキャップをして冷蔵しておいてください。

---

## 水質調査

1. 電気伝導度計の保護キャップをはずします。
2. きれいな乾いた 100ml ビーカーを 2 個並べ、それぞれに、電気伝導度計の電極を浸せる程度に標準溶液を入れてください。  
**注意：**標準溶液の種類は問いません。使用する電気伝導度計の取り扱い説明書に従って校正してください。
3. 電気伝導度計のスイッチを入れます。
4. 洗浄瓶の蒸留水で電極を洗浄してください。この時茶色の線の上は洗ってはいけません。ソフトティッシュで拭き取ってください。
5. 最初のビーカーに電極を 1、2 秒浸します。電極を取り出し、洗浄せずに 2 番目のビーカーに浸します。
6. ゆっくりと数秒間、電極を標準溶液中でかき混ぜ、表示値が安定するのを待ちます。
7. 表示値が標準溶液の電気伝導度を示さないときは、電気伝導度計を校正する必要があります。精密ドライバを使って校正ネジを回し、表示値をあわせませす。  
**注意：**電気伝導度計の種類によっては、校正方法が異なる場合があります。
8. 2 つのビーカーに入っていた標準溶液を捨ててください。標準溶液を元の容器に戻さないでください。
9. 電極を蒸留水で洗浄し、拭き取ってください。ビーカーも同様に洗浄しましょう。
10. 電気伝導度計の電源を切り、保護キャップをしてください。

### 7-2. サイトでの精度の維持

電気伝導度計の校正をどこでおこなっていると、試料水の測定と同時に標準溶液の測定をおこなってください。標準溶液を測定して、真の値となっていることを確かめ、そうでなければ校正してから再度測定してください。

### 7-3. 測定

1. 電気伝導度計の保護キャップをはずし、スイッチを入れてください。
2. 電極を蒸留水で洗浄し、拭き取ります。
3. きれいな乾いた 100ml ビーカーに試料を入れ、測定を始めます。
4. 水試料に電極を浸してください。
5. 数秒間ゆっくりとかき混ぜ、その後表示値が安定するまで待ちます。
6. 測定値を読みとり、データシートに記録してください。
7. 全測定グループの測定値の平均を計算します。全ての測定値が、平均値と誤差  $40 \mu S$  以内に収まっている場合には、GLOBE データサーバにその平均値を送信してください。測定グループが 3 組以上あって、異常値が 1 つだけならば、その値を除いて新たに平均値を計算します。（異常値を除く）全ての測定値が、新たな平均値と誤差  $40 \mu S$  以内に収まってい

---

## 水質調査

る場合には、その平均値をデータサーバに送信します。測定値のばらつきが大きいときは、データサーバに送信しないで、生徒と一緒に測定を振り返り、原因を考えましょう。可能ならば、報告できるデータを得られるまで測定を繰り返してください。

### 8. 塩分濃度プロトコル（比重法）

- 目的：比重計を用いて水中の塩分濃度を計測すること
- 概要：水の塩分濃度は、組成を決定する一つの重要な要素です。水の密度は、溶解している塩の量と関係があります。比重計は密度を計測するために用います。水の塩分濃度は密度と水温から決定されます。
- レベル：すべて
- 時間：10分
- 頻度：1週間おき
- コンセプト：
  - 満潮と干潮
  - 密度によって塩分濃度を測定
  - 比重
  - 水の塩分濃度
  - 標準化
  - 正確さ
  - 精度
- 技能：
  - 比重計と温度計の使い方
  - 変換表の読み取り

---

## 水質調査

- 観測の計画
  - データの記録
  - 結果の解釈
  - 道具と資料
    - 比重計
    - 変換表
    - 500ml のプラスチックメスシリンダー
    - アルコール温度計
    - 食塩 (NaCl)
    - 蒸留水
    - 天秤
    - 1l プラスティックボトル
    - マスキングテープ
  - 準備：校正の方法を確認する。観測場所へ資材と資料を運ぶ
- メモ：この観測は海水と汽水のみで行います。淡水では導電率を計測します。

## 9. 塩分濃度オプションプロトコル（滴定法）

- 目的：滴定法を用いて水中の塩分濃度を計測すること
- 概要：海水の主要な溶解成分（塩）を一定比率の相対として計測します。海水サンプルの塩化物（塩素量）濃度を計測することで、水の塩分濃度を推論することが出来ます。
- レベル：中学校、高等学校
- 時間：10～15分
- 頻度：1週間おき、校正は6ヶ月おき
- コンセプト：
  - 海水の化学成分濃度を利用して塩分濃度を測定する
  - 海水組成の比率
  - 標準化
  - 正確さ
  - 水の塩分濃度
  - 満潮と干潮
  - 精度
- 技能：
  - 塩分濃度の滴定法の使い方
  - 観測の計画

---

## 水質調査

- データの記録
  - 結果の解釈
  - 資材と資料
    - 塩分濃度の滴定法観測キット
    - データシート
    - ラテラックスの手袋
    - 1 l のプラスチックボトル
    - 食塩
    - 蒸留水
    - マスキングテープ
    - 500 ml プラスティックメスシリンダー
    - 天秤
  - 準備：校正の方法を確認
- メモ：この観測は海水と汽水のみで行います。淡水では導電率を計測します。

## 10. アルカリ度プロトコル

- 目的：試料中のアルカリ度を測定する。
- 概要：アルカリ度は水生動物の種類に大きく影響する。
- レベル：中級レベルおよび上級レベル
- 時間：実際の測定は15分間
- 頻度：1週間 おき
  
- コンセプトと技能
  - コンセプト：アルカリ度とそれに影響する要因、アルカリ度の測定法、標準化、正確さ、精度
  - 技能：アルカリ度測定器具の使用、データの記録
- 道具と資料：
  - アルカリ度測定キット
  - ベーキングソーダ（炭酸水素ナトリウム）
  - 瓶入り蒸留水
  - 500ml の蒸留水
  - 500ml ビーカー

---

## 水質調査

- 100ml かそれ以上のシリンダ
- 攪拌棒
- データシート
- 試料瓶
- ラテックス製手袋と安全眼鏡
- 準備： 正確さの維持のため校正をしてください。測定器具を観測サイトに運んでおきます。ベーキングソーダ用の 0.05gr 匙と、指示薬用の 0.05gr 匙を区別するため、それぞれにマスキングテープでラベルを貼ってください。2 つの匙を取り替えないようにしてください。
- 前提条件： なし

### 10-1. 校正と正確さの維持

#### 10-1-1. 標準溶液の調製

##### ベーキングソーダ標準溶液

1. アルカリ度測定キット中の 0.05gr 匙を用いて、匙 2 杯分のベーキングソーダを、きれいな乾いた 500ml ビーカーに入れてください。
2. シリンダで 500ml の蒸留水を測り、ビーカーに加えます。
3. 攪拌棒や匙を用いてベーキングソーダを完全に溶かしてください。

この方法で作ったベーキングソーダ標準溶液のアルカリ度（理論値）は 95mg/L となります。蒸留水のアルカリ度は通常 14mg/L 以下です。

### 10-2. 精度を維持するための方法

1. ベーキングソーダ標準溶液のアルカリ度を測定してください。

---

## 水質調査

2. 測定したアルカリ度を mg/L 単位でデータシートに記録します。
3. 蒸留水のアルカリ度を測定してください。
4. 測定したアルカリ度を mg/L 単位でデータシートに記録します。

測定したベーキングソーダ標準溶液のアルカリ度が、1液滴分以上の誤差を持つようだったら、匙での秤量に注意しながら再び標準溶液を調合してください。それでも違うようだったら、新しい試薬が必要かもしれません。測定キットには、高レンジ測定用キットと低レンジ測定用キットに分かれているものもあります。試料のアルカリ度が 125mg/L 以下の場合は、低レンジ測定用キットを使用してより精密な測定をおこなってください。

### 10-3. 測定

1. 測定キットの使用説明書にしたがってアルカリ度を測定します。このキットは、薬品で着色した水試料に酸を一滴ずつ加え、水試料が無色になるまで滴定する方法を用いています。
2. 総アルカリ度を mg/L 単位でデータシートに記録してください。
3. 全測定グループの測定値を平均します。全ての測定値が、平均値と 1液滴分以内の誤差に収まっているようなら、GLOBE データサーバに平均値を送信してください。測定グループが 3組以上あって、異常値が 1つだけならば、その値を除いて平均値を再計算します。（異常値を除く）全ての測定値が、新たな平均値と 1液滴分以内の誤差に収まるようなら、その平均値を送信してください。測定値のばらつきが大きいときは、GLOBE データサーバに送信しないで、生徒と一緒に測定を振り返り、原因を考えましょう。可能なら、報告できるデータが得られるまで測定を繰り返してください。

## 1 1. 窒素プロトコル

- 目的：水質の学習サイトにおいて水中の硝酸態窒素を計測する
- 概要：窒素の濃度を計測することは、水質を確定するために重要な手段です。窒素は水中で硝酸 ( $\text{NO}_3$ ) と亜硝酸 ( $\text{NO}_2$ ) というように様々な形態をしています。これらの形態のなかで、通常、硝酸は最も重要なものです。硝酸は酸素の多い水中に存在することが出来ます。硝酸は、藻類やその他の水生生物の成長に必要な不可欠な栄養で、様々な要素からの投入によって高濃度になります。硝酸を直接計測することは非常に困難で、亜硝酸に還元し、その亜硝酸の濃度を測ることで計測します。亜硝酸の計測が興味深いのは、硝酸のバックグラウンドのレベルまで計測することが出来るからです。硝酸の計測は  $\text{NO}_3\text{-N}$  として報告されます。亜硝酸は  $\text{NO}_2\text{-N}$  として報告されます。

---

## 水質調査

- レベル：中学校、高等学校
- 時間：約 15 分
- 頻度：1 週間おき 較正は 6 カ月おき
- コンセプト：
  - 水質調査のための比色法
  - 水中の硝酸態窒素
- 技能：
  - 比色法
  - 観測の計画
  - データの記録
- 道具と資料
  - 50ml ビーカーまたはフラスコ
  - 硝酸態窒素測定キット
  - 100ml メスシリンダー
  - 500ml メスシリンダー
  - 3500ml ボトルまたは広口ビン
  - 蒸留水
- 準備：測定キットを使う前に取り扱い説明書をよく読んでください。また測定キットの中身が全てそろっているか確認してください。上水道水質基準では、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{NO}_2\text{-N}$  をあわせ、10mg/L です。